



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 05 136 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 05 H 1/46
H 01 J 37/32
C 23 C 16/44

⑳1 Aktenzeichen: 196 05 136.3
⑳2 Anmeldetag: 13. 2. 96
⑳3 Offenlegungstag: 30. 10. 97

DE 196 05 136 A 1

⑦1 Anmelder:
DAS Dünnschicht-Anlagen-Systeme GmbH
Dresden, 01217 Dresden, DE

⑦4 Vertreter:
Patentanwälte Rau, Schneck & Hübner, 90402
Nürnberg

⑦2 Erfinder:
Gehmlich, Konrad, 01099 Dresden, DE; Reichardt,
Horst, Dr., 01257 Dresden, DE

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

⑤4 Einrichtung zur Durchführung von Plasmaprozessen unter HV/UHV-Bedingungen

⑤7 Die Fertigung von modernen Halbleiterbauelementen, insbesondere im Sub- μ m-Bereich, stellt höchste Reinheitsanforderungen an eingesetzte Materialien und technologische Einrichtungen. Kontaminationsfreie und partikelarme Prozeßführung ist dazu, auch in Einrichtungen zur Durchführung von Plasmaprozessen zum Abscheiden, insbesondere zum plasmaaktivierten chemischen Dampfphasenabscheiden (PECVD) oder zum Abtragen durch Plasmaätzen, zu garantieren. Durch einen speziellen Aufbau einer solchen plasmatechnologischen Einrichtung, durch konstruktive Veränderungen der Einbauten und durch ein angepaßtes Arbeitsregime wird für den Plasmaprozeß in der Vakuumkammer ein zeitweilig wirksamer Prozeßraum geschaffen, in dem sich nur die unbedingt notwendigen prozeßbedingten Funktionselemente mit sehr geringen inneren Oberflächen befinden. Durch die Einrichtung bzw. das Arbeitsregime wird weiter gesichert, daß die Prozeßpumpe für das Arbeitsgas am zeitweilig abgetrennten Prozeßraum und die HV- bzw. UHV-Pumpe in der übrigen Vakuumkammer parallel im Einsatz sind. Der überwiegende Teil der inneren Oberflächen der übrigen Vakuumkammer kann ständig unter UHV-Bedingungen gehalten werden.

DE 196 05 136 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 97 702 044/2

6/24

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Durchführung von Plasmaprozessen zum Abscheiden oder Abtragen unter Hochvakuum (HV)- oder Ultrahochvakuum (UHV)-Bedingungen, insbesondere zur plasmachemischen Dampfphasenabscheidung (PECVD).

Die Fertigung von modernen Halbleiterbauelementen im Sub- μm -Bereich stellt höchste Reinheitsanforderungen an die eingesetzten Materialien, technologischen Einrichtungen und an die Umgebung, in der sie stattfindet. Dies gilt auch für die dabei eingesetzten Vakuum-Plasmaprozesse zur Abscheidung und zum Abtragen dünner Schichten, zum Plasmaätzen u. a., die im Vakuum stattfinden und die sehr empfindlich gegen geringste Konzentrationen an Verunreinigungen durch Restgase und Dämpfe sind. Quellen von Restgasen und Dämpfen, insbesondere von Sauerstoff, Stickstoff und Wasserdampf sind vorwiegend die inneren Oberflächen der Vakuumkammer und der darin befindlichen prozeßbedingten Funktionselemente. Die Reduzierung der schädlichen Einflüsse von Restgasen und Dämpfen bei Plasmaprozessen erfordert zunehmend Hochvakuum- bzw. UHV-Startbedingungen, auch wenn die Plasmaprozesse selbst im mTorr-Bereich oder darüber durchgeführt werden. Um so mehr, da Restgase und Dämpfe durch das Plasma in ihrer unerwünschten Reaktivität noch aktiviert werden.

Die zunehmende Notwendigkeit der Schaffung von UHV-Bedingungen ergibt sich auch aus folgender Betrachtung:

In einer Vakuumkammer, deren innere Wandungen eine Oberfläche von ca. 1 m^2 darstellt, muß die Desorptionsrate in der Größenordnung unter $10^{-13}\text{ Torr}\cdot\text{s}^{-1}\text{cm}^{-2}$ gehalten werden, um vergleichbare Reinheitsbedingungen von 1 ppb zu realisieren, wie sie für die zugeführten Reaktionsgase zur Ausführung der Plasmaprozesse gefordert sind.

Zur Realisierung der Vakuum-Bedingungen in einer Vakuumkammer sind also höchste Anforderungen an die eingesetzten Pumpen, die verwendeten Konstruktionsmaterialien, Dichtungsarten, Dichtmaterialien, Oberflächenbehandlung, konstruktive Ausführung und technologische Regime zu beachten, die sich unter Gegebenheiten eines Produktionseinsatzes mit hohem Durchsatz und kurzen Durchlaufzeiten noch verschärft darstellen. Die Erzielung hoher Ausbeuten an Halbleiterschaltkreisen auf mit Plasmaprozessen bearbeiteten Scheiben setzt die Erfüllung aller angeführten Anforderungen voraus.

Bekannte Einrichtungen zur Ausführung von Plasmaprozessen bestehen zunächst aus einer Vakuumkammer mit den dazugehörigen Pumpsystemen zur Erreichung des erforderlichen Startvakuaums und sind oft beschrieben (u. a. US 3 757 733). In der Vakuumkammer wird eine Plasmaquelle zur Erzeugung des Plasmas zur Wirkung gebracht. Die Plasmaerzeugung erfolgt in einem Arbeitsgas bei einem Druck im Bereich von 10^{-4} Torr bis einige Torr. Zur Einstellung des Arbeitsgasdruckes in der Prozeßkammer werden Gaseinlaß- und Gasverteilungssysteme eingesetzt. Das Plasma oder durch das Plasma erzeugte Teilchen werden auf dem Substrat, meist einer Halbleiterscheibe, wirksam. Substratbedingte Einrichtungen (z. B. Subtrattisch, Hubeinrichtung, Heizer) ergänzen deshalb eine Einrichtung zur Ausführung von Plasmaprozessen.

Je nach dem Zweck des Plasmaprozesses, nämlich einer plasmachemischen Abscheidung (G. Lucovsky t

al (Ed): Characterization of PECVD Processes, Material Research Soc., 1990), einer Plasmaätzung (WO 89/01701) (G. Kienel, K. Röhl (Hrsg.): Vakuumbeschichtung, Band 2, VDI Verlag, 1994) oder einer Beschichtung durch Sputtern (G. Kienel, K. Röhl (Hrsg.): Vakuumbeschichtung, Band 2, VDI Verlag, 1994), kommen unterschiedliche Plasmaquellen zum Einsatz, z. B. HF-Elektroden mit Abschirmungen für Plasma-CVD-Beschichtungen oder Magnetrons für Sputterbeschichtungen.

Die Plasmaquellen und Substrateinrichtungen können in die Vakuumkammer eingebaut sein, sie können aber auch mit Vorteil an Flanschen montiert und mit diesen an die Kammer angesetzt sein.

Bei Produktionseinrichtungen erfolgt das Be- und Entladen der Vakuumkammer mit Substraten über eine Vakuumschleuse zur Verringerung der erforderlichen Evakuierungszeit und zur Reduzierung des Konditionierungsaufwandes.

Das Wechseln der Substrate erfolgt heute meist mit Hilfe von zentralen Wafer-Handlern (CWH). Zur Ausführung unterschiedlicher Prozesse an einem Wafer nacheinander in Vakuumfolge werden mehrere Vakuumkammern, mindestens eine Prozeßkammer, ein Waferhandler und mindestens eine Substratschleuse als Fertigungssysteme, sogenannte Cluster Tool Systeme (EP 0 398 365, EP 0 399 619, US 354922), ausgeführt.

Entscheidend für die kontaminationsfreie Durchführung der Plasmaprozesse ist dabei der HV- bzw. UHV-gerechte Aufbau der Vakuumkammer und der prozeßbedingten Einrichtungen sowie deren Evakuierung mit Vakuumpumpsystemen hinreichend geringen Enddruckes und ausreichend hohem Saugvermögen. Da der Trend zunehmend zu Enddrücken nahe oder im UHV-Bereich geht, werden die Vakuumbedingungen im folgenden vereinfacht UHV-Bedingungen genannt. Dazu werden meist Turbomolekularpumpen oder Kryopumpen eingesetzt.

Die Vakuumkammer wird nach dem Beladen mit einem oder mehreren Substraten zunächst auf einen Druck im UHV-Bereich evakuiert. Bei diesem sogenannten 'Pumpdown' erfolgt auch die Entgasung (Desorption) der Oberflächen der Kammerwandungen und der prozeßbedingten Bauteile.

Zur Ausführung des Plasmaprozesses wird vielfach in die ganze Vakuumkammer mittels einer Gaszufuhr inertes oder reaktives Gas eingelassen. Der Prozeßdruck des Arbeitsgases wird mit Hilfe eines Einlaßventils und einer Druckregeleinrichtung eingestellt und konstant gehalten.

Das Evakuieren auf UHV-Startdruck und die Prozeßführung im Arbeitsgas geschieht dabei mit einer einzelnen UHV-Pumpe. Nachteilig dabei ist, daß der Plasma-prozeß bei gedrosselter Saugleistung der UHV-Pumpe erfolgt. Das hat einen Anstieg des Partialdruckes störender Gase und Dämpfe zur Folge. Außerdem ist der Verbrauch an Arbeitsgas groß. Bei bestimmten Reaktionen können Komponenten des Arbeitsgases die Funktion der UHV-Pumpe beeinträchtigen.

Diese Nachteile lassen sich zum Teil vermeiden, wenn das Evakuieren auf UHV-Startdruck und die Absaugung des Arbeitsgases mit zwei, der jeweiligen Aufgabe angepaßten Pumpen erfolgt, die zeitlich nacheinander an die Vakuumkammer über Ventile angeschlossen werden.

Es bleibt dabei jedoch nachteilig, daß die gesamte Vakuumkammer für die Prozeßzeit den Arbeitsgasen und -dämpfen ausgesetzt wird, die von deren inneren Oberflächen adsorbiert werden oder mit bereits gebun-

denen Gasen und Dämpfen nachteilige Oberflächenreaktionen eingehen können. Anschließend muß periodisch jeweils wieder der UHV-Startdruck erzeugt werden, um stabile und reproduzierbare Ausgangsbedingungen, wie sie für eine hohe Ausbeute erforderlich sind, für das nächste bzw. die nächsten Substrate zu realisieren.

Dabei ist zu verzeichnen, daß die erforderlichen Pumpzeiten für die Desorption von Wasserdampf teilweise um ein Vielfaches verlängert werden, da bei Abscheideprozessen außer dem Substrat auch größere Kammerbereiche unerwünscht mit beschichtet werden und in diesen Schichten zusätzliche Mengen oberflächengebundener Gase und Dämpfe 'begraben', d. h. sorbiert werden.

Dies wirkt sich insbesondere in Produktionsanlagen kritisch aus, da eine Verlängerung der Zeiten bis zum Erreichen der UHV-Startbedingungen in der Vakuumkammer drastisch die Produktivität der Einrichtung einschränkt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die aufgezeigten Mängel in Einrichtungen zur Durchführung von Plasmaprozessen unter UHV-Bedingungen, die mit zwei unterschiedlichen Vakuumpumpen arbeiten, zu beseitigen. Es sind die Desorptionsbedingungen und das Partikelniveau zu verbessern und es ist die unerwünschte Beschichtung von Oberflächen der Vakuumkammer und der funktionsbedingten Bauteile rigoros einzuschränken.

Insbesondere für Produktionsanlagen sind im Interesse zu erzielender Schichteigenschaften und Ausbeuten die Bedingungen für die Ausführung des Plasmaprozesses zu verbessern und die Pumpdownzeiten zu verkürzen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Einrichtung nach Anspruch 1 bis 7 gelöst.

In der Einrichtung zur Durchführung von Plasmaprozessen zum Abscheiden, insbesondere zur chemischen Dampfphasenabscheidung, zum Plasmaätzen oder/und zum plasmaaktivierten Abscheiden in einer Vakuumkammer sind mindestens eine Plasmaquelle und ein Substrattisch angeordnet, die Evakuierung der Vakuumkammer erfolgt durch ein angeschlossenes HV- bzw. UHV-Pumpsystem, zur Einstellung des Arbeitsgasdruckes ist die Einrichtung mit einem Gaseinlaß und einer Prozeßgaspumpe ausgerüstet.

Erfindungsgemäß wird die Plasmaquelle, z. B. die HF-Elektrode und der Plasmaschirm oder eine Magnetronquelle, an einer Platte montiert. Die Platte ist mit einem Deckelflansch über einen vakuumdichten Membranbalg verbunden. Durch Montage des Deckelflansches in die obere Wand der Vakuumkammer ist die Plasmaquelle gegenüber dem Substrattisch angeordnet, der auf einer Bodenplatte aufgebaut ist. Die besagte Platte ist in der Achse des Substrattisches mit Hilfe einer Hubeinrichtung vakuumdicht verschiebbar. Um den Substrattisch herum, um den Reaktionsraum zwischen Substrattisch und HF-Elektrode und um die HF-Elektrode ist in der Vakuumkammer ein hohlzylindrisches Bauteil mit einer ebenen Stirnfläche gegenüber der Platte eingesetzt. Durch Verschiebung der Platte in Richtung auf den Substrattisch bis zur Auflage der Platte auf die Stirnfläche des hohlzylindrischen Bauteils wird ein zeitweiliger Prozeßraum gegenüber der übrigen Vakuumkammer abgetrennt. Im zeitweilig abgetrennten Prozeßraum wird mittels eines Gaseinlasses und einer separaten Prozeßgaspumpe ein Druck im Bereich von einigen mTor bis einige Tor eines Arbeitsgases aufrechterhalten, wäh-

rend im nicht abgetrennten Volumen der Vakuumkammer die UHV-Pumpe weiter wirksam ist.

Mit der Abtrennung des zeitweiligen Prozeßraumes gegenüber der übrigen Vakuumkammer wird erreicht, daß in der Zeit, in der der Plasmaprozeß ausgeführt wird, in der übrigen Vakuumkammer die Zeit genutzt wird, um weiter UHV zu pumpen. Die UHV-Pumpe wirkt also ständig. In Konsequenz kann dies mit ungedrosselter Saugleistung sehr effektiv erfolgen, wenn zwischen zeitweiligem Prozeßraum und übriger Vakuumkammer ein hoher Strömungswiderstand für den Fluß von Arbeitsgas in die übrige Vakuumkammer eingestellt wird, was durch die Auflage der Platte auf die Stirnfläche des hohlzylindrischen Bauteils gesichert wird. Auch bei unvermeidlichen Winkeldifferenzen zwischen der Ebene der Platte und der Ebene der Stirnfläche erfolgt eine vollkommen ebene Auflage durch die Kraft des Luftdruckes auf die Platte und die Elastizität des Membranbalges. In die übrige Vakuumkammer gelangen, während der Plasmaprozeß in dem zeitweilig abgetrennten Teil ausgeführt wird, praktisch keine Gase, die beim Arbeitsdruck in der ganzen Vakuumkammer an den Oberflächen sorbiert würden, aber auch keine unter der Wirkung des Plasmas abgestäubten Teilchen, die die Oberflächen der Vakuumkammer und Teile der Einbauten in dieser verunreinigen würden.

Die Einwirkung des Plasmas ist auf den zeitweilig abgetrennten Prozeßraum begrenzt. Auf diese Weise werden nur sehr geringe Oberflächen funktionsbedingter Teile durch das Prozeßgas, durch Reaktionsprodukte bzw. das Plasma beaufschlagt. Insgesamt werden die sorbierten Gasmengen auf diese Weise drastisch verringert. Es verbleiben nur wenige Flächen auf denen kontaminierende Schichten aufwachsen. Diese können in vorgesehenen Wartungszyklen beim Ausbauen durch externe Reinigung beseitigt werden. Sie können aber auch entfernt werden, indem periodisch, vorzugsweise während des Substratwechsels, eine Reinigung der Oberflächen durch einen Plasmaätzprozeß in dem zeitweilig abgetrennten Prozeßraum erfolgt, der in der erfindungsgemäßen Ausführung der Einrichtung auf die geringen inneren Oberflächen und auf wenige funktionsbedingte Teile beschränkt wird.

Insgesamt bewirkt die Nutzung der Einrichtung eine Verbesserung der Entgasung aller Oberflächen im zeitweilig abgetrennten Prozeßraum und der übrigen Vakuumkammer und damit eine Verbesserung der UHV-Vakuumbedingungen für die Durchführung der Plasmaprozesse an den Substraten. Eine weitere Auswirkung besteht darin, daß der zeitliche Gesamtaufwand für die Reinigung geringer wird und die Reinigung effektiver wird, was einer Vergrößerung des Verhältnisses von Prozeßzeiten zu Nebenzeiten und auch eine Verbesserung der Kontamination des Substrates durch Partikel zur Folge hat.

Eine wirksame Lösung zur Erzielung eines möglichst geringen Spaltes zwischen Platte und der Stirnfläche des hohlzylindrischen Teiles bei gegenseitiger Auflage ist, daß am äußeren Rand der Platte ein Ringbereich und am hohlzylindrischen Bauteil die Stirnfläche in radialer Ausdehnung größer als 5 mm, vorzugsweise größer als 10 mm, zu einander passend eben ausgeführt und mechanisch feinstbearbeitet werden. Bei dieser Ausführung legt sich unter der Einwirkung des Luftdruckes die Platte vollständig, bis auf einen geringen Spalt, auf die Stirnfläche des Zylinders. Als wirksamer Strömungswiderstand kann ein Spalt von weniger als einem Zehntel Millimeter, vorzugsweise jedoch ein solcher

von wenig r als einigen Hundertstel Millimeter angenommen werden. Da der Leitwert für die Strömung von Prozeßgas durch besagten Spalt mit der 3. Potenz der Breite und linear mit der Länge abnimmt, kann nur extrem wenig Prozeßgas aus der zeitweiligen Prozeßkammer in die übrige Vakuumkammer gelangen. Auch bei Arbeitsdruck in der zeitweiligen Prozeßkammer wird sich in der übrigen Vakuumkammer auch ohne eine Dichtung zwischen Platte und hohlzylindrischem Teil der Druck im UHV-Bereich halten lassen.

Am Deckelflansch für die Plasmaquelle sind die elektrischen Zuführungen für die Quelle, die mechanischen Verbindungsstücke zwischen einer Hubeinrichtung und der besagten Platte, gegebenenfalls zusätzliche Gaszuführungen und Sensoren unter Atmosphärendruck im Inneren eines Vakuum-Membranbalges angeordnet. Mit den elektrischen Zuführungen wird das HF-Potential an die HF-Elektrode oder die Versorgungsspannung an ein Magnetron angelegt. Mit Hilfe des Vakuum-Membranbalges ist eine Längsverschiebung der Platte relativ zum Substrattisch vakuumdicht möglich.

In der Einrichtung erfolgt der Einlaß der Prozeßgase direkt in das Volumen des zeitweiligen Prozeßraumes.

Die Prozeßgase werden aus einer Gasversorgung mit Gaseinlaßventil und Regeleinrichtung über ein Gaszuführungsrohr eingelassen, das eine Bohrung in der Bodenwandung mit einer Bohrung in dem hohlzylindrischen Bauteil verbindet.

Es kann aber auch zweckmäßig sein, die Prozeßgase über eine Gaszuführung in der Bodenwandung oder in dem Bodenflansch für den Substrattisch innerhalb des Innendurchmessers des hohlzylindrischen Bauteiles einzulassen.

In beiden Fällen gelangt Prozeßgas nur in die zeitweilige Prozeßkammer, deren Volumen im Vergleich zu dem der gesamten Vakuumkammer klein ist. Auf diese Weise wird die erforderliche Gasmenge zur Einstellung eines erforderlichen Prozeßgasdruckes vergleichsweise gering gehalten. Es gelangt praktisch kein Prozeßgas in die übrige Vakuumkammer.

In der erfindungsgemäßen Einrichtung wird die Prozeßgaspumpe direkt an das Volumen des zeitweiligen Prozeßraumes innerhalb der Vakuumkammer angeschlossen.

Der Anschluß der Prozeßgaspumpe erfolgt über einen Sauganschluß in der Bodenwandung der Vakuumkammer von wo aus ein Rohr zu einer Bohrung im hohlzylindrischen Bauteil durch die Vakuumkammer zur Gasabsaugung aus dem Volumen des zeitweilig wirksamen Prozeßraumes geführt ist.

Es kann aber auch zweckmäßig sein, den Anschluß der Prozeßgaspumpe über einen Sauganschluß direkt in der Bodenwandung oder in dem Bodenflansch für den Substrattisch innerhalb des Innendurchmessers des hohlzylindrischen Bauteiles zu bewerkstelligen.

Auf diese Weise werden optimale Bedingungen für die Einstellung des Arbeitsdruckes in der zeitweiligen Prozeßkammer geschaffen. Darüber hinaus werden so auch günstige Voraussetzungen für die Einstellung eines geforderten Partialdruckprofils über der Substratfläche geschaffen. Die UHV-Pumpe und die derartig angeschlossene Prozeßpumpe können so während der Prozeßzeit parallel im Einsatz sein, die UHV-Pumpe kann also auch während der Prozeßzeit weiter an der Vakuumkammer wirksam sein.

Anhand der Fig. 1 wird die erfindungsgemäße Einrichtung näher erläutert.

Fig. 1 stellt den schematischen Querschnitt durch eine

bevorzugte Ausführungsform der Erfindung am Beispiel einer Einrichtung für die plasmagestützte chemische Dampfphasenabscheidung (PECVD) dar. Die Zeichnung zeigt im rechten Teilschnitt den zeitweiligen Prozeßraum in geschlossener und im linken Teilschnitt in geöffneter Stellung.

Anhand der Fig. 1 wird die erfindungsgemäße Einrichtung näher erläutert.

Die Vakuumkammer 1, hier als flacher Quader ausgeführt, hat in der oberen Wand 2 eine Flanschöffnung auf die der Deckelflansch 3 mit einer UHV-Dichtung montiert ist. Am Deckelflansch 3 ist über den Membranbalg 4 die Platte 5 montiert. Der Membranbalg 4 gestattet mit Hilfe der Quellenhubeinrichtung 6 eine Lageverschiebung von 50 mm in Richtung auf das Substrat 7.

Am äußeren Rand der Platte 5 ist ein radialer Bereich 8 von 14 mm geschliffen. Bei Auflage der Platte 5 auf das hohlzylindrische Bauteil (im folgenden Zylinder) 9 berührt der radiale Bereich 8 die eben geschliffene Stirnfläche 10 des Zylinders 9 in einer Breite von 10 mm.

Auf der Platte 5 ist für die plasmagestützte chemische Dampfphasenabscheidung (PECVD) als Plasmaquelle eine an Hochfrequenzpotential angeschlossene, flache, kreisrunde Elektrode 11 mit einem Plasmaschirm 12 befestigt. In anderen Anwendungsfällen finden als Plasmaquelle z. B. eine Ionenstrahlquelle oder ein Magnetron Anwendung. Die HF-Elektrode 11 hat zur PECVD-Ab-scheidung auf einem Substrat 7 von 150 mm Durchmesser einen Durchmesser von 220 mm.

In der Bodenwandung 13 der Vakuumkammer 1 befinden sich verschiedene Flanschöffnungen, u. a. der Anschluß 14 für die UHV-Pumpe 15, der Anschluß 16 für die Prozeßgaspumpe 17, der Anschluß 18 für den Bodenflansch 19 und der Anschluß 20 für den Arbeitsgas-einlaß 21.

Der Bodenflansch 19 ist in der Bohrung des Anschlusses 18 gegenüber dem Deckelflansch 3 mit einer UHV-Dichtung der Nennweite DN 250 mm montiert. An den Bodenflansch 19 sind die Substrathubeinrichtung 22 und der Substrattisch 23 mit dem Substratheizer aufgebaut. Der Substrattisch 23 hat einen Durchmesser von 220 mm und ist elektrisch an Masse oder an Bias-Spannung angeschlossen.

Der Zylinder 9 hat einen freien Innendurchmesser von 280 mm, er ist fest mit der Bodenwandung 13 der Vakuumkammer 1 verbunden. Er ist koaxialsymmetrisch zum Substrattisch 23 angeordnet. Die Stirnfläche 10 des Zylinders 9 ragt in der Höhe 30 mm über die Ebene des Substrattisches 23.

Durch Auflegen der Platte 5 mit dem Bereich 8 auf die Stirnfläche 10 wird das Volumen eines zeitweiligen Prozeßraumes 24, in dem im Wesentlichen nur die Plasmaquelle und der Substrattisch 23 mit dem Substrat 7 angeordnet sind, für die Zeitdauer der Durchführung des Plasmaprozesses vom Volumen 25 der übrigen Vakuumkammer abgetrennt. Während der Ausführung des Plasmaprozesses beträgt der Arbeitsabstand zwischen der HF-Elektrode 11 und der Ebene des Substrattisches 23, 25 mm.

In der Wandung des Zylinders 9 ist etwa in der Höhe des Substrattisches 23 eine Öffnung 26 für das Gaszuführungsrohr 27 vorgesehen. Das Gaszuführungsrohr 27 stellt die Verbindung zwischen der Öffnung 26 und dem Anschluß 20 für den Einlaß des Arbeitsgases durch die Vakuumkammer 1 hindurch dar. In einer anderen Ausführungsvariante kann der Einlaß des Arbeitsgases über mehrere Öffnungen in der Wand des Zylinders 9 oder mit Hilfe einer Gasverteilungsvorrichtung inner-

halb des Volumens 24 der zeitweilig abgetrennten Prozeßkammer verteilt erfolgen.

Die Absaugung des Arbeitsgases erfolgt durch die Bohrung 28 in der Wand des Zylinders 9. Ein Rohr 29 stellt die Verbindung zum Anschluß 16 mit einer Nennweite von 30 mm her.

Zum Zwecke des Substratwechsels sind im Substrattisch 23 drei Hubstifte 30 als Funktionselemente der Substrathubeinrichtung 22 angeordnet, mit deren Hilfe das Substrat 7 um 35 mm, 5 mm über die Stirnfläche 10 des Zylinders 9, angehoben werden kann. Der Substratwechsel (Substrat be- und entladen) erfolgt mit Hilfe eines Substrathandlers (z. B. eines zentralen Scheibenhandlers) 31, dazu ist im Bereich der Flanschöffnung 32 über ein Ventil der Substrathandler 31 an die Vakuumkammer 1 angeflanscht. Der eigentliche Wechsel des Substrates 7 erfolgt durch Ein- und Ausfahren des Effektors 33 des Substrathandlers 3 durch die Flanschöffnung 32.

Zum Zwecke der Evakuierung der gesamten Vakuumkammer 1 und der Einstellung des Arbeitsdruckes durch Absaugen des Arbeitsgases in dem Volumen des zeitweilig abgetrennten Prozeßraumes 24 dient ein Vakuumpumpensystem mit zwei parallel arbeitenden Pumpen. Am Anschluß 14 mit der Nennweite 200 mm ist als UHV-Pumpe 15 über ein Ventil eine Turbomolekularpumpe mit einem Saugvermögen von 1000 ls^{-1} angeschlossen. Die Absaugung des Arbeitsgases erfolgt mit einer dem Prozeß angepaßten Pumpe 17, über ein Ventil ist dazu am Anschluß 16 vorzugsweise eine trockenlaufende Pumpe mit einem Saugvermögen von $250 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ angeschlossen.

Ein PECVD-Abscheidungsprozeß in der Einrichtung nach dem beschriebenen Ausführungsbeispiel hat folgenden Ablauf:

Zunächst erfolgt das Konditionieren der Vakuumkammer mit Hilfe der Turbomolekularpumpe bis in der Kammer ein Startdruck von $< 1 \cdot 10^{-8} \text{ mTorr}$ erreicht ist. Dazu ist die Quelle mit Hilfe der Quellenhubeinrichtung angehoben, damit auch die Quelle und der Substrattisch entgasen können. Das Ventil zur Prozeßpumpe und der Gaseinlaß sind geschlossen.

Nun erfolgt die Substrateingabe. Die Quelle ist angehoben, die Substratstifte abgesenkt. Das Ventil zum Scheibenhandler wird geöffnet, der Effektor des Scheibenhandlers mit einem Substrat fährt über den Substrattisch. Die Hubstifte werden angehoben und heben das Substrat vom Effektor ab. Der Effektor fährt aus der Vakuumkammer zurück und das Ventil zum Scheibenhandler wird geschlossen. Die Hubstifte werden durch die Substrathubeinrichtung abgesenkt und legen damit das Substrat auf dem Substrattisch ab.

Nach der Substrateingabe erfolgt das Evakuieren auf einen Druck $< 10^{-8} \text{ Torr}$.

Anschließend erfolgt der eigentliche PECVD-Prozeß zur Schichtabscheidung. Die Quelle wird mit Hilfe der Quellenhubeinrichtung abgesenkt. Dabei wird erfindungsgemäß die zeitweilige Prozeßkammer von dem Volumen der übrigen Vakuumkammer zur Durchführung des Plasmaprozesses abgetrennt. Das Ventil zur Prozeßpumpe wird geöffnet, es wird das Prozeßgas eingelassen und der Arbeitsdruck mit der Druckregeleinrichtung eingestellt und auf einen bestimmten Wert konstant gehalten. Das Substrat wird auf die notwendige Temperatur aufgeheizt und die HF-Leistung wird eingeschaltet. Das Plasma zündet. Unter den eingestellten Bedingungen erfolgt die Abscheidung der erforderlichen Schichtdicke und wird in der Reg. 1 nach einer

vorgegebenen Zeit erreicht. Die HF-Leistung und der Heizer werden abgeschaltet, der Arbeitsgaseinlaß ausgeschaltet. Restliches Arbeitsgas in der zeitweiligen Prozeßkammer wird noch abgepumpt, dann wird durch ein Ventil auch die Prozeßpumpe abgetrennt. Danach wird die Quelle angehoben und die gesamte Vakuumkammer einschließlich des zeitweilig abgetrennten Prozeßraumes mit der UHV-Pumpe evakuiert.

Abschließend erfolgt die Substratentnahme. Bei angehobener Quelle wird das Substrat mit den Hubstiften der Substrathubeinrichtung angehoben. Das Absperrventil zum Scheibenhandler wird geöffnet und der Effektor des Scheibenhandlers fährt unter das angehobene Substrat. Die Hubstifte werden abgesenkt und das Substrat auf den Effektor abgelegt. Der Scheibenhandler fährt den Effektor aus der Vakuumkammer. Das Ventil zum Scheibenhandler wird geschlossen.

Bei Einsatz der Einrichtung zur Produktion wird die Beschichtung mit einer weiteren Scheibe fortgesetzt.

Wird der Ablauf der Beschichtungen unterbrochen, so wird in der Regel die Einrichtung in einem 'Standby' betriebsbereit gehalten. Die Vakuumkammer wird dabei mit geöffnetem Ventil zwischen der Vakuumkammer und der UHV-Pumpe fortlaufend weiter evakuiert. Die Ventile zur Prozeßpumpe, zum Gaseinlaß und zum Scheibenhandler sind im Standby geschlossen.

Optional ist es möglich nach einer Schichtabscheidung auf dem Substrat und nach der Substratentnahme einen in-situ-Ätzreinigungsprozeß auszuführen. Ein solcher erfolgt mit einem Arbeitsgas, das als wesentlichen Bestandteil z. B. C_2F_6 oder NF_3 enthält. Zur Ausführung wird durch Absenken der Quelle, wie beim Abscheiden, der zeitweilige Prozeßraum von der übrigen Vakuumkammer getrennt. Der Gaseinlaß und die Absaugung des Arbeitsgases werden zugeschaltet. Durch Einschalten der HF-Leistung wird das Plasma gezündet und hüllt die inneren Oberflächen der zeitweiligen Prozeßkammer ein. Auf diese Weise werden vorher abgeschiedene, kontaminierende Schichten, insbesondere auf dem Substrattisch, der Elektrode und dem Plasmaschirm durch Plasmaätzen wieder beseitigt. Ein in-Situ-Ätzreinigungsprozeß kann entscheidend zur Konstanz der Beschichtungsbedingungen, zur Reduzierung des Partikelniveaus und zur Verringerung der notwendigen Zeiten für die Wartung, und damit in Konsequenz zur Erhöhung von Ausbeute und Produktivität, beitragen.

Patentansprüche

- Einrichtung zur Durchführung von Plasmaprozessen zum Abscheiden, insbesondere zur chemischen Dampfphasenabscheidung oder/und zum Abtragen durch Plasmaätzen in einer Vakuumkammer, mit einer Plasmaquelle und mit einem Substrattisch sowie mit angeschlossener HV/UHV-Pumpe, dadurch gekennzeichnet, daß in der Vakuumkammer die Quelle, z. B. die HF-Elektrode und der Plasmaschirm, an einer Platte, die gegenüber dem Substrattisch in der Achse desselben vakuumdicht verschoben werden kann, angeordnet ist, daß um den Substrattisch herum, um den Reaktionsraum zwischen Substrattisch und HF-Elektrode und um die HF-Elektrode in der Vakuumkammer ein hohlzylindrisches Bauteil mit einer ebenen Stirnfläche gegenüber der Platte eingesetzt ist, daß durch Verschiebung der Platte in Richtung auf den Substrattisch bis zur Auflage der Platte auf die Stirnfläche des hohlzylindrischen Bauteils ein zeit-

weiliger Prozeßraum gegenüber der übrigen Vakuumkammer abgetrennt wird, daß im zeitweilig abgetrennten Prozeßraum mittels eines Gaseinlasses und einer Prozeßgaspumpe ein Druck im Bereich von einigen mTorr bis einige Torr aufrechterhalten wird und daß im nicht abgetrennten Volumen der Vakuumkammer die HV/UHV-Pumpe weiter wirksam ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß am äußeren Bereich der Platte ein Ringbereich und am hohlzylindrischen Bauteil die Stirnfläche in einer radialen Ausdehnung von größer als 5 mm, vorzugsweise größer als 10 mm, zu einander passend eben ausgeführt und mechanisch feinstbearbeitet sind.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Zuführungen für die Quelle, mechanische Verbindungsteile zwischen der Hubeinrichtung und der besagten Platte, gegebenenfalls zusätzliche Gaszuführungen und Sensoren unter Atmosphärendruck im Inneren eines Vakuum-Membranbalges angeordnet sind.

4. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Einlaß der Prozeßgase direkt in das Volumen des zeitweiligen Prozeßraumes innerhalb der Vakuumkammer erfolgt.

5. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Einlaß der Prozeßgase über ein Gaszuführungsrohr erfolgt, das eine Bohrung in der Bodenwandung mit einer Bohrung in dem hohlzylindrischen Bauteil verbindet.

6. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Einlaß der Prozeßgase über eine Gaszuführung erfolgt, die in der Bodenwandung oder in dem Bodenflansch für den Substrattisch innerhalb des Innendurchmessers des hohlzylindrischen Bauteiles angeschlossen ist.

7. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozeßgaspumpe direkt an das Volumen des zeitweiligen Prozeßraumes innerhalb der Vakuumkammer angeschlossen ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Anschluß der Prozeßgaspumpe über einen Sauganschluß in der Bodenwandung der Vakuumkammer erfolgt und daß ein Rohr zur Gasabsaugung aus dem Volumen des zeitweilig wirksamen Prozeßraumes zwischen einer Bohrung im hohlzylindrischen Bauteil und besagtem Sauganschluß durch die Vakuumkammer geführt ist.

9. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozeßgaspumpe in der Bodenwandung oder in dem Bodenflansch für den Substrattisch innerhalb des Innendurchmessers des hohlzylindrischen Bauteiles angeschlossen ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

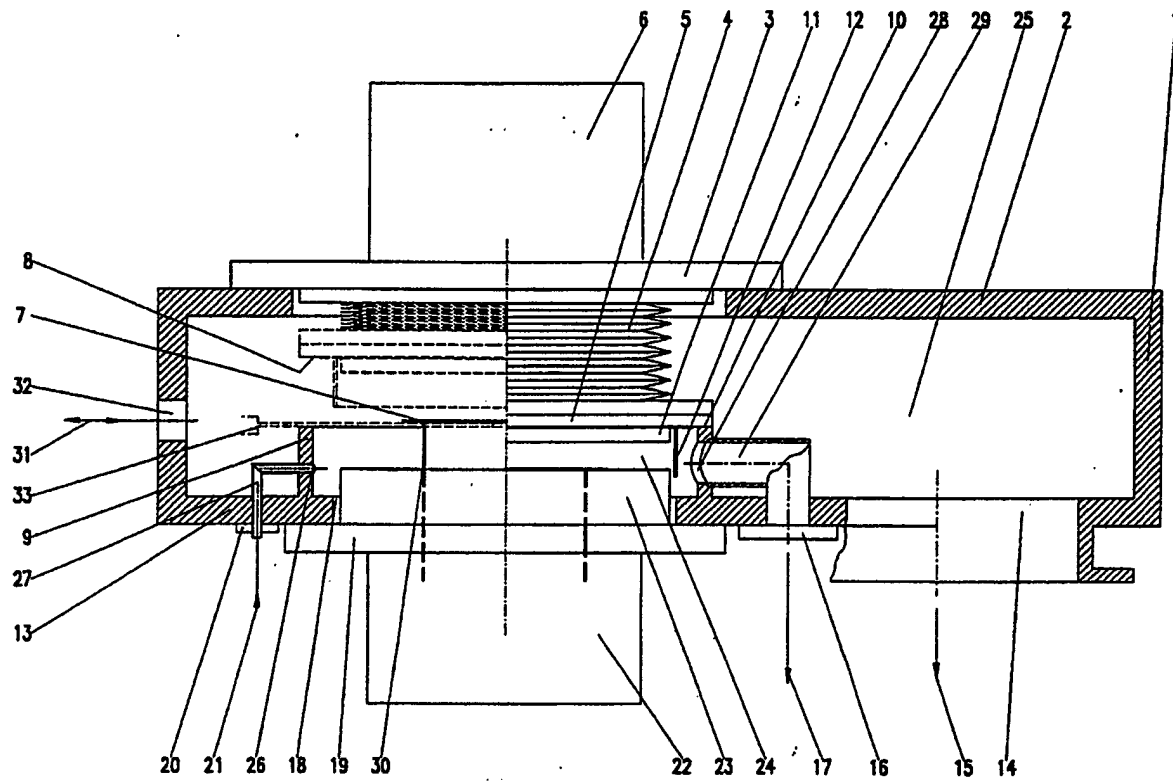


Fig. 1